

# SEBARAN PASIR LAUT SEBAGAI BAHAN GALIAN DI LEPAS PANTAI SELAT RIAU

## SAND DISTRIBUTION AS RAW MATERIALS OF COASTAL AND OFFSHORE IN RIAU STRAIT

Deny Setiady<sup>1)</sup>, Udaya Kamiludin<sup>1)</sup> dan Ildrem Syafri<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Puslitbang Geologi Kelautan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jl. Dr. Junjungan No. 236, Bandung 40174  
Email: denystmgi@gmail.com

<sup>2)</sup> Universitas Padjadjaran,

Diterima : 03-07-2018, Disetujui : 08-10-2018

### ABSTRAK

Daerah penelitian terletak di perairan antara Pulau Batam dan Pulau Bintan (Selat Riau), termasuk ke dalam wilayah Kotamadya Batam dan Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau. Metode penelitian yang dilakukan adalah pengambilan posisi (navigasi), pengukuran kedalaman dasar laut, pengamatan dan pengambilan contoh sedimen pantai, pengambilan contoh sedimen dasar laut, serta analisis laboratorium. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui sebaran pasir pasir laut, serta ketebalannya berdasarkan karakteristik ukuran butirannya, agar potensi bahan galian tersebut dapat diketahui. Berdasarkan analisis ukuran butir sedimen di pantai Pulau Batam dan Pulau Bintan diketahui berukuran pasir, kerikil pasiran, pasir kerikilan dan lanau pasiran, sedangkan sebaran sedimen dasar laut terdiri dari: kerikil pasiran, pasir kerikilan, pasir, pasir lanauan dan lanau pasiran. Kedalaman sedimen pasir di pantai Pulau Batam antara 1 meter sampai 2,6 meter, sedangkan ketebalan sedimen pasir di Pulau Bintan antara 0,6 meter sampai 2 meter.

**Kata Kunci:** sedimen, ukuran butir, pasir, bahan galian, Selat Riau

### ABSTRACT

*The study area is located in offshore area between Batam and Bintan Islands (Riau Strait), including of Batam and Bintan regency, Kepulauan Riau Province. The research methods carried out were position taking (navigation), depth of seabed measurement (bathymetry), observation and coastal sediments sampling, seabed sediments sampling, and laboratory analysis. The objectives of the study is to know the sand beach and sea sand distribution and its thickness based on characteristics of grain size, as well as to know those construction materials. Based on sediment grain size analysis on the Batam and Bintan islands, sand beach consists of: sand, sandy gravel, gravelly sand and sandy silt, while seafloor surficial sediments distribution consist of sandy gravel, gravelly sand, sand, silty sand and sandy silt. The depth of sand sediment on Batam beach is between 1 to 2.6 meters, while the depth of sand sediment in Bintan Island coastal is between 0.6 meters to 2 meters.*

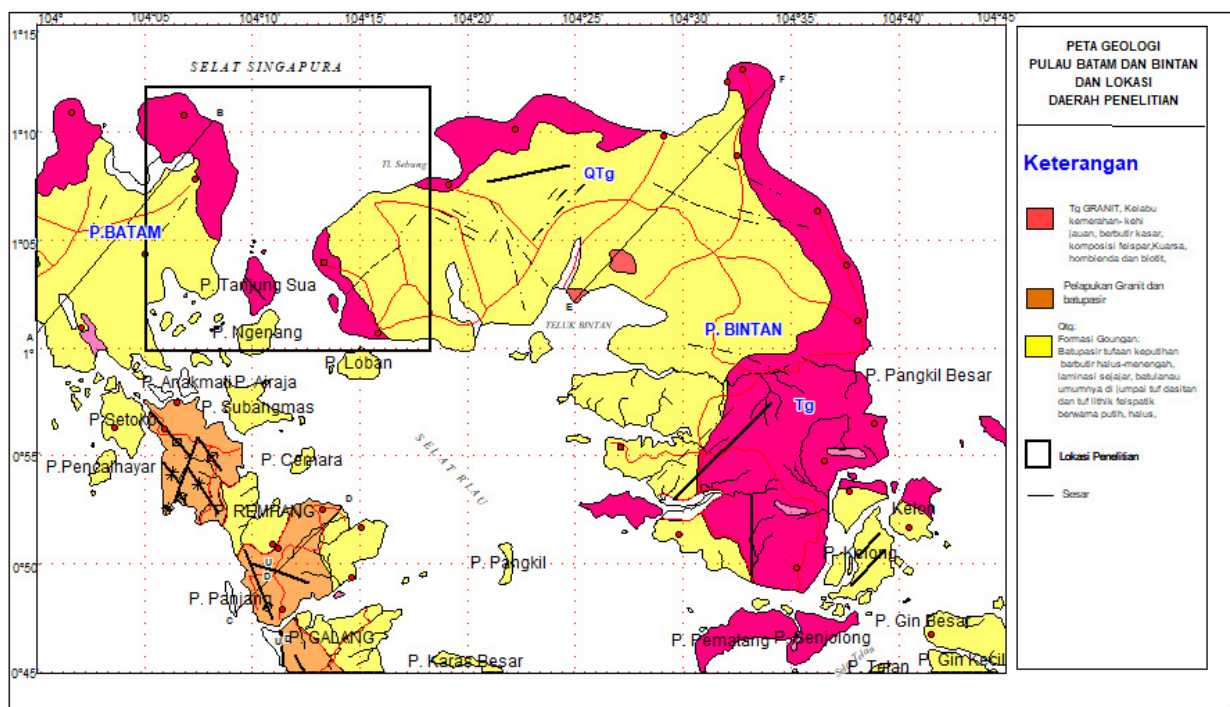
**Keywords:** sediment, grain size, sands, substrate material, Riau Strait

### PENDAHULUAN

Secara administratif daerah penelitian terletak antara Pulau Batam dan Pulau Bintan, (Selat Riau), termasuk ke dalam wilayah Kotamadya Batam dan Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau dan secara geografis terletak pada 104° 05' 00" BT – 104° 18' 00" BT dan 1° 12' 00" LU – 1° 00' 00" ' LU (Gambar 1).

Pantai adalah daerah transisi tempat dimana proses darat dan laut bertemu, merupakan daerah yang sangat produktif dengan ekosistem tertentu, terutama sifat sedimen seperti ukuran butir dan

sedimen transport (Bird, 2007; Park, 2009 dan Park 2014). Garis pantai secara alami adalah dinamis, dalam hal ini pergeseran garis pantai sebagai response terhadap proses sedimentasi/erosi (Nguyen, 2015). Proses sedimentasi didominasi oleh proses hidrodinamik dan proses pengendapan sedimen. (Niteroi, 2015). Sedimentasi adalah proses mekanis dengan variabel yang paling penting adalah ukuran butir, kecepatan arus, morfologi pantai dan sedimentasi dari sungai (Dietrich, 1980; Short, 2012).



Gambar-1. Peta Geologi dan lokasi daerah penelitian (Kusnama, K., dr., 1994)

Karakteristik sedimen dapat digunakan untuk merekonstruksi kejadian sejarah pengendapan (Sun, 2012). Proses sedimen berasal dari erosi sungai, tebing pantai, dasar laut yang diangkut mengikuti arah arus sungai ke lepas pantai (Komar, 1998). Dalam pemetaan sedimen pantai dan dasar laut, perlu dilakukan analisis ukuran butir /tekstur (Lark, 2012). Ukuran butir, dan bentuk butir (kebundaran) menginformasikan tentang proses yang dialami oleh sedimen (Merten, 2014).

Sedimen pasir pantai dan lepas pantai di Kepulauan Riau, menjadi perhatian banyak pihak, terutama para penambang pasir laut. Beberapa faktor yang menyebabkan adanya peningkatan sedimentasi pantai (Komar, 1998):

1. Transport sedimen sejajar pantai,
2. Pasokan sungai,
3. Pasokan dari erosi tebing,
4. Pasokan dari laut,
5. Endapan biogenik dan hidrogeik,
6. Pasokan sedimen oleh angin (gelombang)
7. Reklamasi pantai

Analisis besar butir perlu dilakukan karena:

- Ukuran butir merupakan dasar pemerian batuan secara kualitatif di dalam ilmu geologi.
- Ukuran butir berhubungan dengan bentuk, kekerasan dan permeabilitas dari butiran.
- Penyebaran ukuran butir merefleksikan proses dan lingkungan pengendapan, serta

berhubungan dengan hidrodinamika sewaktu sedimen transport dan diendapkan.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pola sebaran sedimen dasar laut dan sedimen pantai, serta kedalaman pasir pantai berdasarkan kajian karakteristik ukuran butirnya, sehingga diketahui potensi bahan galian pasir laut di Selat Batam-Bintan, Provinsi Riau Kepulauan.

Berdasarkan Peta Geologi daerah penelitian (Kusnama, K., dr., 1994), batuan yang terdapat di daerah penelitian terdiri dari batuan dari tua ke muda yaitu: intrusi batuan granit, batupasir tufaan (Formasi Goungan), pelapukan batupasir dan granit serta endapan aluvium (Gambar-1).

Secara regional satuan batuan sedimen dan endapan permukaan terdiri dari Formasi Duriangkang (TRsd), Formasi Pulau Panjang (Jp), Formasi Pancur (Ksp), Formasi Semarang (Kss), Formasi Tanjung Kerotang (Tmpt), Formasi Goungon (Qtg), dan Aluvial.

Satuan Batuan Gunung Api, terdiri dari satuan Intrusi Andesit (Tma) berwarna kelabu, bertekstur porfiritik dengan komposisi plagioklas, hornblenda, biotit, dengan masadasar mikrokristal felspar. Satuan Intrusi Andesit berumur Miosen, setempat menerobos Formasi Semarang (Kss).

Formasi Berakit (Pcmb) merupakan batuan tertua yang terdiri dari batuan metamorf derajat rendah yang terdiri dari filit, batusabak memperlihatkan struktur menyerpih dengan urat kuarsa memotong foliasi, dan sekis. Terdapat

struktur lipatan, tebal formasi adalah 3000 m, berumur Perm – Karbon.

Satuan batuan beku (Batuan Intrusi) terdiri dari Granit (TRg) dan Monzogranit (Jg). Granit (TRg) berwarna kelabu kemerahan, berbutir kasar dengan komposisi felspar, kuarsa, biotit membentuk suatu pluton batolit yang tersingkap di P. Bintan dan Batam. Granit berumur Trias menorobos Formasi Berakit (Pcmb). Monzogranit (Jg) berwarna coklat kehijauan berkomposisi megakristal felspar, hornblenda, biotit, alunit, zirkon, tersingkap di P. Segal dan Lakat. Monzogranit (Jg) berumur Yura, setempat menerobos Formasi Duriangkang (TRsd).

## METODE

Metode yang dilakukan adalah pengambilan posisi (navigasi), pengukuran kedalaman dasar laut (batimetri), pengamatan dan pengambilan contoh sedimen pantai, pengambilan contoh sedimen dasar laut, serta analisis laboratorium. Pengambilan posisi dilakukan dengan *Global Positioning System* (GPS) pada waktu penentuan posisi dalam pengukuran kedalaman dasar laut, pengambilan sedimen di pantai dan lepas pantai. Pengukuran kedalaman dasar laut digunakan untuk mendapatkan data kedalaman permukaan dasar laut yang hasilnya dapat memberikan gambaran morfologi dasar laut. Prinsip kerja pengukuran kedalaman dasar laut adalah pengiriman pulsa energi gelombang suara dari permukaan laut melalui sinyal suara vertikal ke dasar laut yang akan dipantulkan kembali ke permukaan dan diterima sebagai pulsa energi listrik. Selanjutnya oleh penerima akan diubah menjadi grafik dan data digital. Pengambilan data batimetri dilakukan sepanjang lintasan kapal survei yang dipandu oleh GPS. Panjang lintasan *sounding* pada survei di perairan Batam ini sekitar 265 kiloline.

Pengambilan percontohan sedimen di pantai dilakukan dengan pemercontohan tangan dipermukaan dan bor tangan *Hand Auger Eijelkamp* sampai menembus batuan keras di pantai. Adapun pengambilan sedimen laut dilakukan dengan menggunakan pemercontoh comot (*grab sampler*).

Metode yang digunakan dalam analisis besar butir untuk fraksi kasar adalah metode ayakan, dalam hal ini butiran dibagi atas interval-interval kelas yang dibatasi oleh besarnya lubang ayakan (Lewis, 1984; Sun, 2012). Penerapan untuk pemetaan permukaan dasar laut fraksi sedimen

menggunakan data ukuran butir (Jerosch, 2013; Park, 2014). Karakteristik sedimen pantai dan permukaan dasar laut biasanya digambarkan menggunakan data ukuran butir. Untuk memetakan sebaran sedimen ukuran butir, sampel sedimen dikumpulkan melalui survei lapangan dan informasi tentang ukuran butir didapat dari analisis laboratorium. Ukuran butir fraksi sedimen disajikan berupa persentase pasir, lumpur, dan kerikil. (Poppe, 2003, dalam Park 2014).

Ukuran ayakan dinyatakan dalam unsur mesh, mulai dari ukuran -2 phi (4 mm, kerikil) hingga 4 phi (0,063 mm, lanau) dari skala Wentworth, sedangkan untuk fraksi (5-9phi) metode yang digunakan adalah pipet. Analisis besar butir sedimen dilakukan terhadap 26 sampel sedimen pantai dengan kedalaman yang bervariasi, dan 60 sampel sedimen permukaan dasar laut. Klasifikasi Folk (1980), digunakan untuk menentukan jenis sedimennya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pemetaan Karakteristik pantai, pengamatan dan pengambilan contoh sedimen pantai dapat dipisahkan beberapa satuan batuan, yaitu: Satuan Intrusi Granit yang pada peta geologi ditandai dengan warna merah muda. Granit tersingkap di lokasi pengamatan, PBT 12, PBT 14 (Gambar 2) dan PBN-1 bagian utara P. Bintan. Di lokasi PBT-14, granit, berwarna abu-abu kemerahan, ukuran mineral sedang sampai kasar (2 – 25 mm) terdiri dari jenis-jenis mineral berupa ortoklas (45%), kuarsa (20%), biotit (15%), hornblenda (5%), plagioklas (10%), dan mineral lain (5%).

Sedangkan berdasarkan analisis petrografi pada sayatan tipis dari conto PBT 14 menunjukkan granit dengan tekstur holokristalin, hipidiomorfik



Gambar-2. Singkapan Granit di Teluk Mata Ikan (PBT-14), Pulau Batam



granular dengan ukuran mineral sedang – kasar (5 – 15 mm) memiliki komposisi mineral berupa k-felspar berupa mikroklin, plagioklas, kuarsa, biotit serta kasiterit.

Hubungan stratigrafi satuan Intrusi Granit dengan satuan batuan di bawah tidak ditemukan secara tegas karena batas antara kedua satuan tersebut berupa daerah yang tertutup vegetasi. Berdasarkan pengamatan secara megaskopis dan mikroskopis Satuan Intrusi Granit dapat dibandingkan dengan Granit berumur Trias (Kusnama, 1994), yang membentuk suatu batolit di Pulau Batam dan Bintan. Satuan Intrusi Granit merupakan satuan batuan tertua yang tersingkap di daerah penelitian.

Satuan batupasir (tufaan) menempati sekitar 55% dari luas daerah penelitian. Singkapan terdapat pada lokasi pengamatan PBT 01 dan PBT 02 di daerah pantai Telagapunggu, lokasi pengamatan PBT 03 di daerah pantai Kasam, lokasi pengamatan PBT 04 di daerah pantai Kabil

dan lokasi pengamatan PBT 05 di daerah pantai Panau. Serta pada BTN-2 bagian utara P. Bintan.

Pada lokasi pengamatan PBT 01 di daerah pantai Telagapunggu terdapat singkapan tuf dengan kondisi singkapan sebagian tertutup vegetasi dan mengalami proses oksidasi, sedangkan di lokasi pengamatan PBT 02 di daerah pantai Telagapunggu tidak mengalami proses oksidasi sehingga terdapat perbedaan warna dari batuan tersebut.

Pada lokasi pengamatan PBT 03 (Gambar-3), di daerah Pantai Kasem kondisi singkapan sebagian mengalami proses pelapukan sedangkan pada lokasi pengamatan PBT 04 (Gambar-4), di daerah pantai Kabil singkapan telah mengalami pelapukan. Satuan ini terdiri dari batupasir tufan dan setempat dijumpai tuf (Formasi Goungan), yang mengalami proses oksidasi dan dijumpai tanah hasil dari proses pelapukan.

Batupasir tufan berwarna putih kemerahan, terpilah buruk, kemas tertutup, ukuran butir pasir



Gambar-3. Singkapan Batupasir (tufaan) dan Pelapukan dibagian atas nya (PBT 3)



Gambar-4. Singkapan batupasir dan Pelapukannya.

sedang (0.5 – 2mm), terdiri dari kuarsa, mineral mafik, terdapat material piroklas berupa tuf dan sisa tumbuhan berupa batang yang sudah menjadi arang, porositas baik, non karbonatan serta dapat diremas. Terdapat di pantai Pulau Batam.

Satuan Endapan Aluvial menempati muara-muara sungai baik di pantai Pulau Batam dan Pulau Bintan. Berdasarkan pengamatan di lapangan satuan ini terdiri dari material-material lepas berupa kerakal, kerikil, dan pasir, pecahan cangkang moluska, sisa-sisa tumbuhan dan lempung. Satuan ini merupakan hasil erosi dari satuan batuan sebelumnya dan diendapkan sampai ke dasar laut. Berdasarkan pengukuran kedalaman dasar laut yang dikoreksi dengan hasil analisis pasang surut dan kedalaman transduser sehingga diperoleh kedalaman sesungguhnya. Dari data yang sudah dikoreksi didapatkan kedalaman laut berkisar dari 0.8 m sampai dengan 58 m yang kemudian dihubungkan oleh garis kontur dengan interval 5 m. Dari hasil peta kontur kedalaman laut terlihat bahwa kedalaman laut di sekitar Perairan P. Bintan (bagian Barat daerah penelitian) relatif lebih dalam dan terjal dibandingkan dengan perairan sekitar P. Batam (Gambar-5).

Pengambilan contoh sedimen pantai yang diambil secara *hand specimen* di permukaan dasar laut sebanyak 14 lokasi percontoh sedimen dari selatan ke utara di Pulau Batam (PBT), sedangkan pengambilan percontoh pantai dengan menggunakan bor tangan, dilakukan sebanyak 3 lokasi di Pulau Batam (PBT) dan 5 lokasi di Pulau Bintan (PBN) (Gambar-6). Pengambilan sedimen bor tangan dilakukan untuk mengetahui kedalaman dari sedimen pantai sampai kedalaman tertentu, dalam hal ini untuk mengetahui jenis serta ketebalan dari pasir pantai dan pelapukan granit.

Analisis besar butir yang dilakukan sebanyak 87 percontoh sedimen terdiri dari 27 percontoh sedimen pantai dari hasil bor tangan, dan 60 percontoh sedimen dasar laut. Hasil Analisis besar butir percontoh sedimen pantai menggunakan bor tangan di 4 lokasi (BTB) (Gambar-7) dan 3 lokasi (BTN) bor tangan (Gambar-8), sedangkan yang 2 lokasi BTN-4 dan BTN-5 hanya di permukaan. maka di dapatkan data sebagai berikut:

- BTB-1 kedalaman 0 – 100 cm adalah sedimen pasir lanauan. 1,00 cm – 2,00 cm pasir kerikilan
- BTB-2 kedalaman 0 – 200 cm adalah pasir kerikilan.

- BTB-3 kedalaman 0 – 200 cm adalah pasir kerikilan,
- BTB-4, kedalaman 0 – 260 cm adalah pasir lanauan,
- BTN-1 kedalaman 0 – 60 cm adalah pasir 60 - 200 cm adalah pasir kerikilan.
- BTN-2 kedalaman 0 – 80 cm adalah pasir kerikilan..
- BTN-3 kedalaman 0 – 160 meter adalah sedimen pasir.
- BTN-4 (permukaan) pasir kerikilan
- BTN-5 (permukaan) pasir kerikilan

Berdasarkan Gambar-7, korelasi bor tangan, ketebalan rata-rata sedimen di Pulau Batam, pasir kerikilan tebal nya adalah 2 meter, sedangkan pasir lanauan tebal nya 1 sampai 2 meter. Sementara korelasi bor tangan di Pulau Bintan ukuran butir sedimennya di dominasi oleh pasir kerikilan dengan ketebalan hingga 2 meter, sedangkan sedimen pasir mempunyai ketebalan hingga 1.6 meter (Gambar-8).

Di lepas pantai juga dilakukan pengambilan sampel sebanyak 76 percontoh laut dengan menggunakan pemercontoh comot. Berdasarkan analisis besar butir yang dilakukan di laboratorium sebanyak 60 sampel sedimen dasar laut di dapatkan tekstur sedimen sebagai berikut, yaitu: kerikil pasiran, pasir kerikilan, pasir, pasir lanauan dan lanau pasiran.

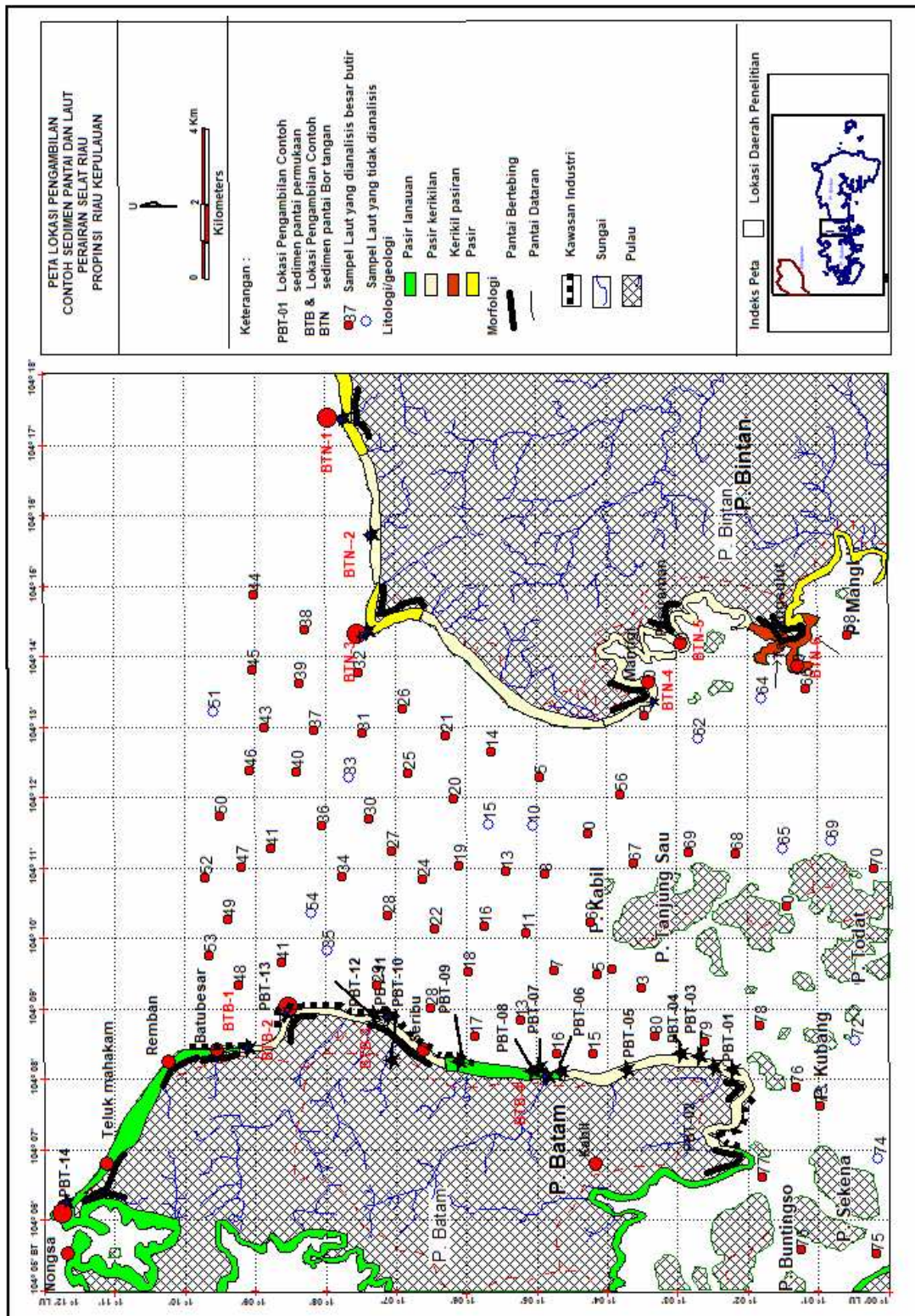
Dari data tersebut kemudian dibuat peta sebaran tekstur sedimen permukaan dasar laut, (Gambar-9). Dari Peta tersebut terlihat bahwa sedimen pasir kerikilan dominan dekat pantai Pulau Batam Pulau Bintan, dimana semakin ke tengah dan keselatan ukuran butir sedimen relatif semakin halus. Satuan pasir tersebar di daerah penelitian yaitu dibagian tengah daerah penelitian dari utara ke selatan, sedangkan sedimen lanau pasiran dan pasir lanauan hanya setempat-setempat dekat Pulau Batam dan Pulau Bintan.

Keberadaan ukuran butir sedimen pasir kerikilan yang dominan dekat Pulau Bintan dan sedimen pasir di Pulau Bintan, menunjukkan bahwa asal sedimen tersebut tidak jauh dari sumbernya, berasal dari Pulau Batam itu sendiri, yaitu batuan granit yang mengalami pelapukan, erosi dan sedimentasi, hal ini ditunjang oleh data sedimen pantai hasil bor tangan di Pulau Batam yang terdiri dari pasir kerikilan dan pasir lanauan pada permukaan pantainya, sedangkan bagian bawah merupakan pelapukan granit.

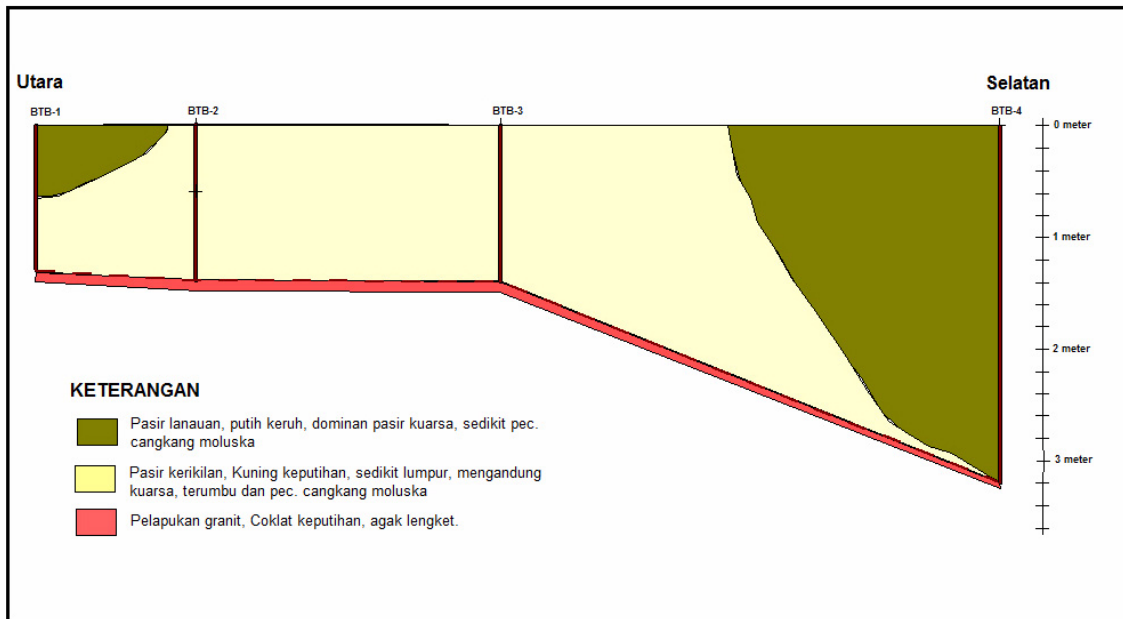
Berdasarkan Peta sebaran sedimen (Gambar 9), dasar laut dari Pulau Batam ke Pulau Bintan



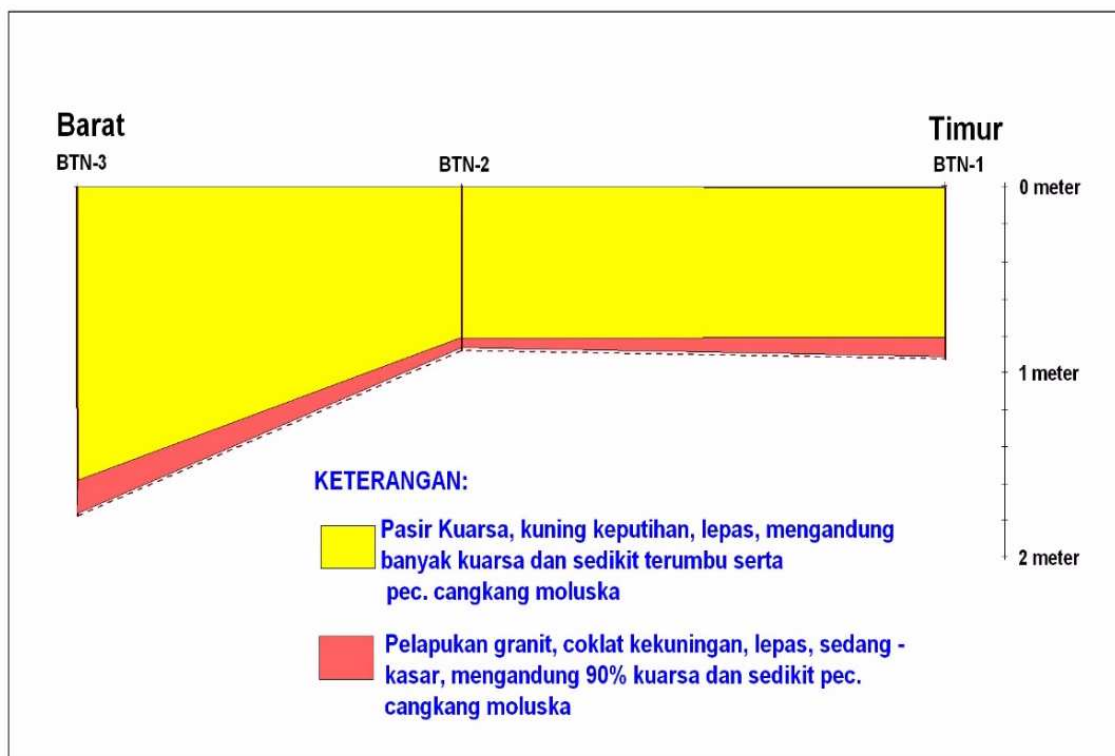




Gambar-6. Peta L lokasi pengambilan contoh sedimen pantai dan laut

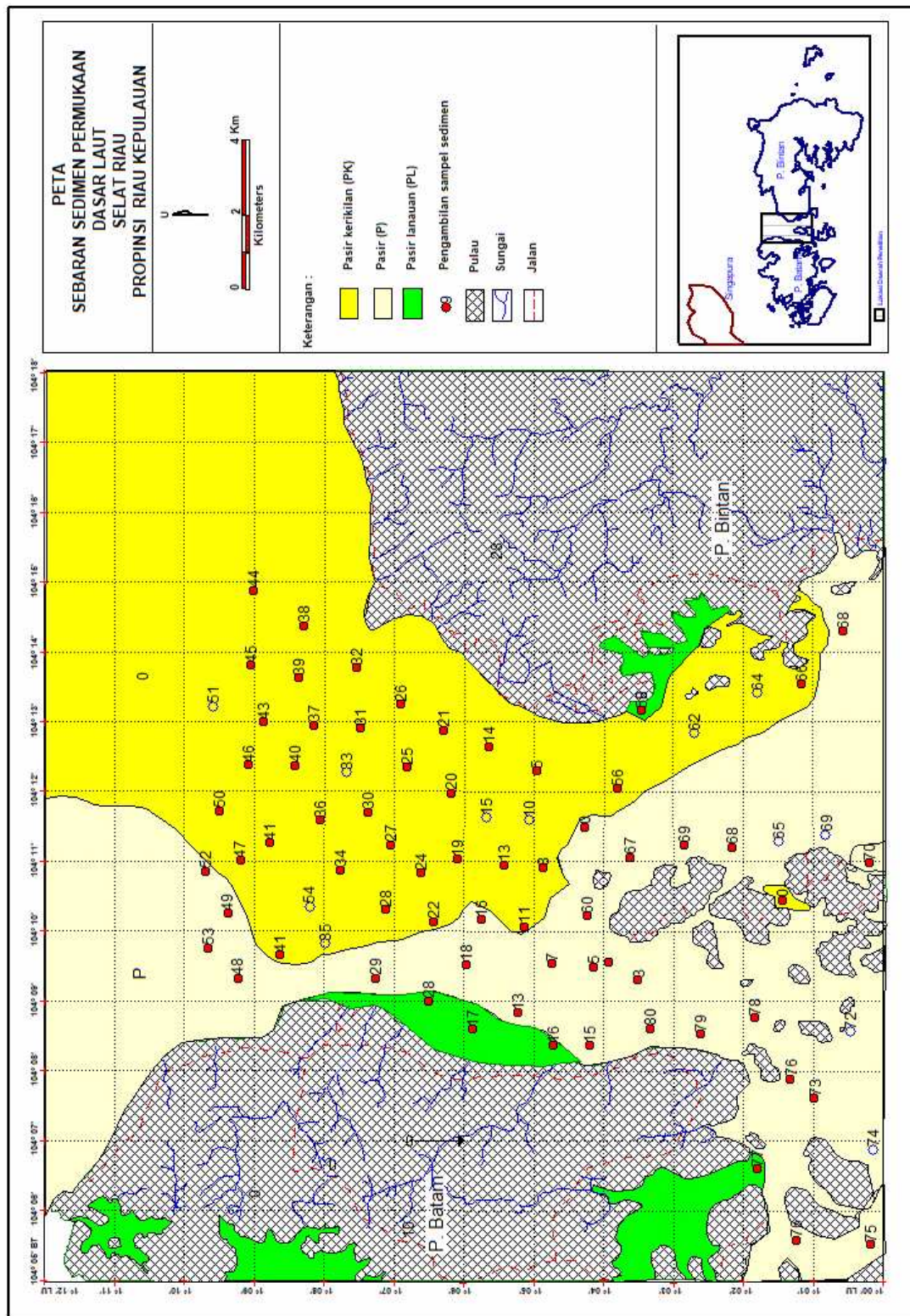


Gambar-7. Korelasi hasil pemboran tangan di Pulau Batam



Gambar-8. Korelasi hasil pemboran tangan di Pulau Bintan





Gambar-9. Peta sebaran sedimen permukaan dasar laut

semakin ke arah lepas pantai, ukuran butir dari pasir kerikilan semakin halus ukuran butirnya menjadi sedimen pasir. Sedangkan dari utara ke selatan ukuran butir sedimen di dominasi oleh pasir kerikilan, semakin ke selatan di dominasi oleh sedimen pasir.

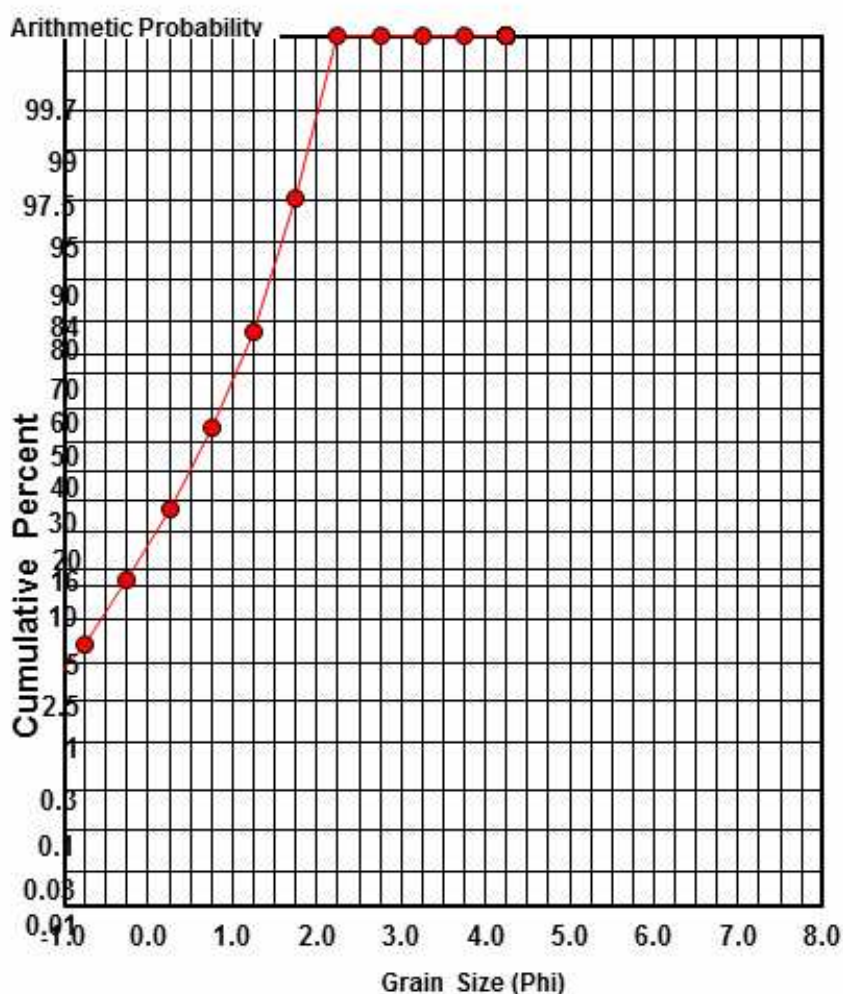
Berdasarkan grafik persen kumulatif dengan besar butir (Gambar-10), pada sedimen pasir di lepas pantai (BT-02), memperlihatkan bahwa proses sedimentasi yang terjadi adalah 2 kali saltasi dan sekali suspensi. Sedangkan berdasarkan Gambar-11, terlihat bentuk grafik nya bimodial yang merupakan ciri dari lingkungan sungai. Berdasarkan hal tersebut, maka sedimen di daerah penelitian dialirkan dari darat melalui muara sungai ke dasar laut dengan cara saltasi dan suspensi.

Berdasarkan peta sebaran sedimen dasar laut, maka luas sedimen dasar laut dari pasir kerikilan adalah 74.67 km<sup>2</sup>, luas sedimen pasir 98.08 km<sup>2</sup>

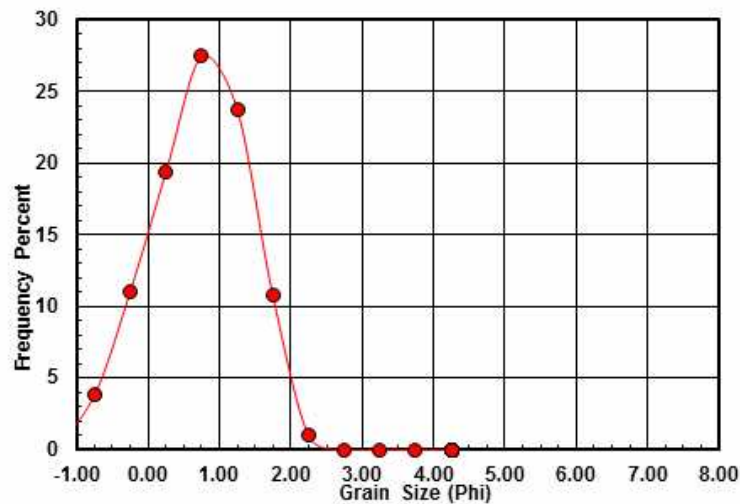
dan luas pasir lanauan adalah 53.77 km<sup>2</sup>. Untuk sedimen pasir pantai tidak dilakukan pengukuran luasnya hanya kedalamannya memakai bor tangan. Berdasarkan data bor tangan ketebalan pasir antara 0 -60 cm, pasir kerikilan 80 cm -200 cm, pasir lanauan 0 – 260 cm.

- Volume pasir kerikilan adalah 74.670 m<sup>2</sup> X 0.8 m = 59.736 m<sup>3</sup>.
- Volume pasir yaitu: 98.080 m<sup>2</sup> X 0.6 = 58.848 m<sup>3</sup>
- Volume pasir lanauan 53.770 m<sup>2</sup> X 260 m = 139,802 m<sup>3</sup>
- Maka total sedimen pasir laut adalah 258.386 m<sup>3</sup>.

Untuk mengetahui kandungan mineral dalam sedimen pasir perlu dilakukan analisis mineral, apabila mengandung mineral ekonomis, maka pasir laut tersebut bukan sebagai bahan galian tetapi penambangan potensi mineral.



Gambar 10. Grafik persen kumulatif dengan besar butir pada sedimen pasir (BT-02)



Gambar 11. Hubungan antara besar butir dan persen frekuensi pada sedimen pasir lepas pantai dekat P. Batam (BT-2)

## KESIMPULAN

Sedimen berbutir kasar yaitu pasir kerikilan yang baik untuk material konstruksi sangat dominan dekat Pulau Bintan, sedangkan sedimen pasir dominan dekat Pulau Bintan, semakin ke arah lepas pantai ukuran butir semakin halus. Volume pasir kerikilan adalah sebesar 59.736 m<sup>3</sup>, sedangkan volume pasir sebesar 58.848 m<sup>3</sup> dan volume pasir laut sebesar 139,802m<sup>3</sup>. Total sedimen pasir laut sebesar 258.386m<sup>3</sup>. Saran Untuk mengetahui kandungan mineral dalam sedimen pasir, perlu dilakukan analisis mineral, apabila mengandung mineral ekonomis, maka pasir laut tersebut bukan sebagai bahan galian tetapi penambangan potensi mineral.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Kepala Puslitbang Geologi Kelautan serta rekan-rekan satu tim di lapangan, atas dorongan dan motivasi yang diberikan dan kerjasamanya selama di lapangan hingga selesainya tulisan ini. Demikian juga kepada editor yang telah membantu dalam terbitnya tulisan ini, penulis ucapkan terima kasih.

## DAFTAR ACUAN

- Bird, E. 2008. Coastal Geomorphology, an introduction, second edition, *John Willey & Sons*.
- Jerosch, K 2013, "Geostatistical mapping and special variability of Surficial sediment types on the Beaufort shelf on grain size delta", *Journal of Marine System*, vol.127.
- Komar, D. P. 1998, Beach Processes and Sedimentation, second edition, *Oregon State University*. p. 33 -71.
- Kusnama, K., Sutisna, Koesoemadinata, B., Hermanto, 1994, *Peta Geologi lembar Tanjungpinang (PPPG)*, Bandung.
- Lark, R. M. Dove, D. Green, S. I., Richardson, A E. Stewart, H. and Stevenson, A. 2012, "Spatial prediction of seabed sediment texture classes by cokriging from a legacy database of point observations", *Sedimentary Geology*.
- Merten G. H. Capel, P. D. Jean P. Minella, G. 2014. Effects of suspended sediment concentration and grain size on three optical turbidity sensors, *J Soils Sediments* v 14.
- Nguyen, Hai-Hoa; McAlpine, Clive; Pullar, David, 2015, *Drivers of Coastal Shoreline Change: Case Study of Hon Dat Coast, Kien Giang, Vietnam*, Environmental Management Volume 55.
- Niteroi, RJ, Moscon, D.M.C. Carmo, D. Neto J.A.B. and Quaresma. V.D., 2015, Modern sedimentation processes in a wave-dominated coastal embayment: Espirito Santo Bay, southeast Brazil), *Science Letter; Atlanta*
- Park, N. W., Jang, D. H. Chi, K. H. 2009 . "Integration of IKONOS imagery for geostatistical mapping of sediment grain



- size at Baramarae beach, Korea,” *International Journal of Remote Sensing*, vol. 30, no. 21
- Park, N. W. Jang D.H. 2014, Comparison of Geostatistical Kriging Algorithms for Intertidal Surface Sediment Facies Mapping with Grain Size Data. *The Scientific World Journal*
- Short, A. D. (2012), *Coastal Processes and Beaches. Nature Education Knowledge* University of Sydney, NSW.
- Sun, L. Zhou, X. Wang, Y. 2012, Identification of Paleo-Events *Recorded in the Yellow Sea Sediments by Sorting Coefficient of Grain Size PLoS One*, V. 7, no. 9.